

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表2003-519995

(P2003-519995A)

(43)公表日 平成15年6月24日(2003.6.24)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 4 B 17/00  
7/26

識別記号

F I  
H 0 4 B 17/00  
7/26

テマコード\* (参考)  
C 5 K 0 4 2  
K 5 K 0 6 7

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求(全 35 頁)

(21)出願番号 特願2001-551037(P2001-551037)  
(86) (22)出願日 平成12年12月16日(2000.12.16)  
(85)翻訳文提出日 平成13年8月28日(2001.8.28)  
(86)国際出願番号 PCT/US 00/34179  
(87)国際公開番号 WO 01/050785  
(87)国際公開日 平成13年7月12日(2001.7.12)  
(31)優先権主張番号 09/475, 095  
(32)優先日 平成11年12月30日(1999.12.30)  
(33)優先権主張国 米国 (US)  
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), BR, CA, CN, IL, JP, KR

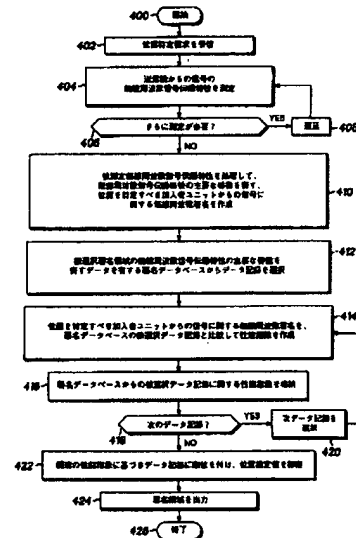
(71)出願人 モトローラ・インコーポレイテッド  
MOTOROLA INCORPORATED  
アメリカ合衆国イリノイ州シャンバーグ、  
イースト・アルゴンクイン・ロード1303  
(72)発明者 ウィリアム・フランシス・アレクサンダー・ジュニア  
アメリカ合衆国テキサス州ハルトン・シティ、  
ナンバー1223、スプリングレーク・パークウェイ5101  
(74)代理人 弁理士 社本 一夫 (外7名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ワイヤレス通信システムにおいて被測定無線周波数信号伝播特性を比較するための方法およびシステム

(57)【要約】

ワイヤレス通信システムの受信機において、カバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号に関わる複数の無線周波数信号伝播特性が定期的に測定される。次に、複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性が処理され、時間的に平均化される無線周波数署名が作成される。このとき、処理により無線周波数信号伝播特性の主要な特徴が抽出される。続いて、時間的に平均化される無線周波数署名は空間的に平均化される無線周波数署名と比較され、比較に応じて性能指数が求められる。この処理には、複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性のベクトル表現を含む構造の行列を分解して、ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号の無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す小区画を抽出する段階が含まれる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 ワイヤレス通信システムにおいて被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法であって：

受信機において、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号に関わる複数の無線周波数信号伝播特性を定期的に測定する段階；

前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を処理して、時間的に平均化される無線周波数署名を作成する段階であって、前記処理により前記無線周波数信号伝播特性の主要な特徴が抽出される段階；

前記時間的に平均化される無線周波数署名を空間的に平均化される無線周波数署名と比較する段階；および

前記比較に応答して、性能指数を生成する段階；

によって構成されることを特徴とする被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法。

【請求項2】 送信機から送信される信号に関わる複数の無線周波数信号伝播特性を定期的に測定する前記段階が、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号に関わる無線周波数信号のチャネル衝撃応答を定期的に測定する段階をさらに含むことを特徴とする請求項1記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法。

【請求項3】 送信機から送信される信号に関わる複数の無線周波数信号伝播特性を定期的に測定する前記段階が、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号に関わる無線周波数信号の電力遅延プロファイルを定期的に測定する段階をさらに含むことを特徴とする請求項1記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法。

【請求項4】 前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を処理して、時間的に平均化される無線周波数署名を作成する前記段階が、前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性のベクトル表現を含む構造の行列を分解して、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号の前記無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す小区画を抽出

する段階をさらに含むことを特徴とする請求項1記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法。

【請求項5】 前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を処理して、時間的に平均化される無線周波数署名を作成する前記段階が、前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を線形的に平均化して、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号の前記無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す中間特性を抽出する段階をさらに含むことを特徴とする請求項1記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法。

【請求項6】 前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を処理して、時間的に平均化される無線周波数署名を作成する前記段階が、前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を非線形的に平均化して、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号の前記無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す平均特性を抽出する段階をさらに含むことを特徴とする請求項1記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法。

【請求項7】 前記時間的に平均化される無線周波数署名を空間的に平均化される無線周波数署名と比較する前記段階が、前記時間的に平均化される無線周波数署名の、空間的に平均化される無線周波数署名に対する射影のノルムを計算する段階をさらに含むことを特徴とする請求項1記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法。

【請求項8】 前記空間的に平均化される無線周波数署名が、前記ワイヤレス通信システム内のカバレッジ・エリアの選択される署名領域内の異なる位置から以前に送信された複数の信号の信号伝播特性のベクトル表現を含む構造の行列を分解し、前記被選択署名領域内に送信される信号の前記無線周波数信号伝播特性の主要特徴を表す小区画を抽出することにより形成されることを特徴とする請求項1記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較する方法。

【請求項9】 ワイヤレス通信システムにおいて被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステムであって：

受信機において、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号に関わる複数の無線周波数信号伝播特性を定期的に測定する手段；

前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を処理して、時間的に平均化される無線周波数署名を作成する手段であって、前記処理により前記無線周波数信号伝播特性の主要な特徴が抽出される手段；

前記時間的に平均化される無線周波数署名を空間的に平均化される無線周波数署名と比較する手段；および

前記比較に応答して、性能指数を生成する手段；

によって構成されることを特徴とする被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステム。

【請求項10】 送信機から送信される信号に関わる複数の無線周波数信号伝播特性を定期的に測定する前記手段が、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号に関わる無線周波数信号のチャンネル衝撃応答を定期的に測定する手段をさらに含むことを特徴とする請求項9記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステム法。

【請求項11】 送信機から送信される信号に関わる複数の無線周波数信号伝播特性を定期的に測定する前記手段が、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号に関わる無線周波数信号の電力遅延プロファイルを定期的に測定する手段をさらに含むことを特徴とする請求項9記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステム。

【請求項12】 前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を処理して、時間的に平均化される無線周波数署名を作成する前記手段が、前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性のベクトル表現を含む構造の行列を分解して、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号の前記無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す小区画を抽出する手段をさらに含むことを特徴とする請求項9記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステム。

【請求項13】 前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を

処理して、時間的に平均化される無線周波数署名を作成する前記手段が、前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を線形的に平均化して、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号の前記無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す中間特性を抽出する手段をさらに含むことを特徴とする請求項9記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステム。

【請求項14】 前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を処理して、時間的に平均化される無線周波数署名を作成する前記手段が、前記複数の定期的に測定される無線周波数信号伝播特性を非線形的に平均化して、前記ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機から送信される信号の前記無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す平均特性を抽出する手段をさらに含むことを特徴とする請求項9記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステム。

【請求項15】 前記時間的に平均化される無線周波数署名を空間的に平均化される無線周波数署名と比較する前記手段が、前記時間的に平均化される無線周波数署名の、空間的に平均化される無線周波数署名に対する射影のノルムを計算する手段をさらに含むことを特徴とする請求項9記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステム。

【請求項16】 前記空間的に平均化される無線周波数署名が、前記ワイヤレス通信システム内のカバレッジ・エリアの選択される署名領域内の異なる位置から以前に送信された複数の信号の信号伝播特性のベクトル表現を含む構造の行列を分解し、前記被選択署名領域内に送信される信号の前記無線周波数信号伝播特性の主要特徴を表す小区画を抽出することにより形成されることを特徴とする請求項9記載の被測定無線周波数信号伝播特性を比較するシステム。

## 【発明の詳細な説明】

## (関連出願)

本出願は、本明細書と同日に出願され、本件に参考文献として含まれる「METHOD AND SYSTEM FOR CREATING A RADIO FREQUENCY SIGNATURE FOR A SIGNATURE REGION IN A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM (ワイヤレス通信システムにおいて署名領域に関する無線周波数署名を作成するための方法およびシステム)」と題される出願番号第09/475,097号(文書番号CE04753N)に関連する。

## 【0001】

## (産業上の利用分野)

本発明は、一般にワイヤレス通信システムに関し、さらに詳しくは、ワイヤレス通信システムにおいて測定される無線周波数信号伝播特性を比較するための改善された方法およびシステムに関する。

## 【0002】

## (発明の背景)

ワイヤレス通信システムのユーザにとってもオペレータにとっても、呼を発生している、あるいはデータを送信または受信している加入者ユニットの位置を特定することが望ましい場合が多い。加入者の位置を特定することのできる技術の用途としては、911緊急サービスを要求する加入者の位置を特定すること、種々の法執行活動において法執行機関を支援すること、ユーザに地域の地図や方向を提供することおよびユーザにユーザ位置に関する広告情報を提供することがある。

## 【0003】

いくつかの技術が、通信システム内の加入者ユニットの位置を与えるために用いられたり、あるいは提案されており、これらの技術にはそれぞれ欠点がある。たとえば、到着時差(TDOA: time difference of arrival)システムは、周知の位置にある複数の基地トランシーバからの測定値を利用する。この種のシステムは、2つ以上の基地トランシーバにおける加入者ユニットの信号を受信することと、基地トランシーバ間の時間的同期を行うことと、多重経路信号と見通し線信号(line-of-sight signal)を混同することなく見通し線波面伝播の測定を行う

こととを必要とする。多重経路信号とは、信号の伝播に影響を与える物体から反射回折される信号である。暫定仕様95 (IS-95), 符号分割多重接続 (CDMA: code division multiple access) 規準に準拠するセルラ・システムにおける基地トランシーバの同期精度は、所望の解像度をもって位置推定値を与える信号伝播測定を行うには充分ではない。さらに、都市の谷間とも呼ばれる密集した市街地においては、見通し線信号成分が密接する多重経路成分によって遮られたり弱められるために、見通し線波面の検出ができないこともある。

#### 【0004】

より高度なTDOAシステムでは、一部の多重経路成分を排除して、迅速な波面の検出を助けるスマート・アンテナ (インテリジェント・アンテナ) を利用する。スマート・アンテナは、位置探索のための幾何学式に到着角度 (AOA: angle of arrival) 測定値を加えることもできる。これによりさらに性能が強化される。残念ながら、都市の谷間の多重経路環境があまりに乱雑でスマート・アンテナが有効な解決策とはならない場合もある。スマート・アンテナを重複して用いるには、既存のアンテナと協働する特殊な位相アレイ・アンテナを追加することも必要になる。サービス・プロバイダは、位置探索要件のみならず容量要件に関してスマート・アンテナが必要とされるまで追加のアンテナに投資することを、進んでは行いたがらない。

#### 【0005】

一部のエンジニアおよびオペレータは、加入者の位置を決定するためにグローバル・ポジショニング・システムを利用することを提案する。この方法も、都市の谷間においては問題がある。正確な位置推定値を生成するために必要な数の衛星から見通し線信号を受信することができない場所が多い。

#### 【0006】

他の提案としては、都市中心部に多数のマイクロセルを配置して加入者がどのセル・サイトを使用中であることを識別することにより、加入者の位置を推定する方法がある。マイクロセルは特定の地域では普及しつつあるが、市場全体としては容量カバレッジのためにマイクロセルを拒絶している。すなわち、展開されるマイクロセルの数が、位置探索に対応するには十分な規模にならない可能性がある。

る。現在の通信配備プランの多くは、依然としてマイクロセルラ・カバレッジを特定する。

#### 【0007】

したがって、通信システムのサービス・エリア内の密集地域において加入者ユニットの位置を特定するための改善された対費用効果の優れた方法であって、間接的なあるいは非見通し線伝播信号の無線周波数特性を加入者ユニットの位置特定に用いることができるという利点を有する方法が依然として必要であることは明らかである。よって、ワイヤレス通信システムにおいて被測定無線周波数信号伝播特性を比較するための改善された方法およびシステムであって、無線周波数署名が、選択される署名領域から送信される信号の無線周波数伝播特性の主要な特徴に呼応する方法およびシステムも必要とされる。

#### 【0008】

(発明の詳細な説明)

図1を参照して、通信システム・カバレッジ・エリア20が図示される。このカバレッジ・エリアには、加入者ユニット38と基地トランシーバ40との間の伝播経路32～36を進む無線周波数信号を反射拡散させる建造物22～30が含まれる。

#### 【0009】

図1から明らかなように、伝播経路32～34は、伝播経路36とは異なる進行時間と到達角度とを有する。このため、トランシーバ40が伝播中の信号からの到達角度およびタイミング情報を測定し、そのデータを用いて加入者ユニット38の位置を推定しても、建造物22～30により起こる信号の反射および拡散を考慮しなければ、伝播経路32～36のデータが一体となって通信システム・カバレッジ・エリア20内の1つの位置を示すことにはならない。

#### 【0010】

次に図2を参照して、本発明によるワイヤレス通信システム内のカバレッジ・エリアにおける署名領域に関して空間的に平均化される無線周波数署名を作成するための方法および動作を説明する高レベル論理流れ図が図示される。図示される如く、プロセスはブロック200で開始され、次にブロック202に進んで、



通信システムのカバレッジ・エリア20（図1参照）内の位置を選択する。好適な実施例においては、この位置選択プロセスには、通信システム・カバレッジ・エリア20内の送信機の現在位置に注目する段階が含まれる。これは、送信機と共に配置されるGPS受信機からの位置を記録すること、あるいは、地図や探査機器を用いて位置に注目することにより行われる。米国沿岸警備隊が操作するロラン位置探索システムなど、その他の電子的な位置探索装置を用いることもできる。好適な実施例においては、選択される位置は信号を放出する送信機を携帯しながら通信システム・カバレッジ・エリア20内を自動車で移動するか、あるいは歩きながら選択される複数の位置のうちの1つである。図1内では、参照番号42により示される記号にいくつかの被選択位置が示される。

#### 【0011】

位置が選択されると、プロセスは被選択位置における送信機からの信号の無線周波数信号伝播特性を測定する。これをブロック204に示す。測定される無線周波数信号伝播特性には、多重経路成分の数、各多重経路成分内の平均電力、各成分の方位および／または到達仰角および／または偏光によるアンテナの利得および位相、各成分のドップラ周波数および各成分の相対的時間遅延が含まれる。これらの特性は、被受信信号をパラメータ分解することにより明示的（explicit）に測定される。しかし、好適な実施例においては、無線周波数信号伝播特性は、加入者38と基地トランシーバ40の1つ以上のアンテナの各々との間の特定のチャネルのチャネル衝撃応答をサンプリング、演算および記録することにより内示的（implicit）に測定される。

#### 【0012】

無線周波数信号伝播特性が明示的に測定されると、チャネル衝撃応答のパラメータ・モデルが以下の等式に表されるように形成される：

#### 【0013】

【数1】

$$h_e(t) = \sum_{q=1}^{Q(t)} \alpha_q(t) \Gamma_e(\theta_q(t), \varphi_q(t), \xi_q(t)) \delta(t - \tau_q(t))$$

ただし、 $e$  は当該アンテナに対する指数；

$Q(t)$  は経路数を表す；

$\alpha_q(t)$  は経路  $q$  の複素振幅；

$\Gamma_e(\theta, \psi, \xi)$  は方位角  $\theta$ ，仰角  $\psi$  および偏光角  $\xi$  を伴う波面の刺激によるアンテナ  $e$  の複素数化応答；および

$\tau_q(t)$  は経路  $q$  の時間遅延である。

【0014】

非静止衝撃応答に関してこの等式を、特定の部分の相対的静止性を求めることによりさらに分解することができる：

【0015】

【数2】

$$h(T, \tau) = \sum_{q=1}^{Q(T)} \alpha_q(T) \Gamma_e(\theta_q(T), \varphi_q(T), \xi_q(T)) \delta(\tau - \tau_q(T))$$

等式2においては、 $T$  は時間、 $\tau$  は時間遅延を表す。これらのパラメータは、被送信信号により観測される位置依存多重経路歪み (location dependent multi path distortion) を特徴化するのに充分である。任意の時刻に、送信機は位置、たとえば  $(x(t), y(t))$  を占有し、これに関する被測定衝撃応答のパラメータが無線周波数信号伝播特性となる。(パラメータ・モデルのこの説明は、環境内の進行速度によるドップラ周波数偏移を考慮しないことに留意されたい。このデータは、 $\alpha_q(T)$  内に内示的に含まれる。ドップラ偏移は、位置に二次的にしか関知しない進行速度によるものである。説明される他のパラメータは、送信機の位置により直接的に相関する。しかし、場合によっては、ドップラを加えるほうが有益である。)

これらの特性の内示的測定は、基本パラメータに転化せずに衝撃応答のサンプルを記録することにより行われる。たとえば、これらの無線周波数信号特性のベクトル化される内示的測定値  $h_e(T)$  を次式で表すことができる：

【0016】

【数3】

$$\mathbf{h}_e(\mathbf{T})=[\mathbf{h}_e(\mathbf{T},0) \ \mathbf{h}_e(\mathbf{T},T_s) \ \wedge \ \mathbf{h}_e(\mathbf{T},(N-1)T_s)]^T$$

応答を任意に線形変形する（たとえばフーリエ変換）することで、無線周波数信号伝播特性の内示的記述に関して等しく有効な基礎が得られる。特定の変形を行うと、データをより小さな支援領域に制限して、重要でないデータを廃棄し、記録すべきデータ量を小さくする機会が得られる。たとえば、フーリエ変換の後に大きな信号電力が存在する周波数ビンに帯域制限することで、データ記録量を減らすことができる。これらの変換は、VanderbeenおよびPaulrajによるファン・デル・ビーン法「Joint Angle and Delay Estimatin Using Shift-Invariance Techniques」（IEEE Transactions on Signal Processing; 1998年2月）による。

#### 【0017】

好適な実施例においては、RF信号伝播特性は、基地トランシーバ40の1つ以上のアンテナからの電圧測定値をサンプリングすることにより内示的に測定される。ここで図3を参照すると、1つの電圧サンプルが参照番号300で示される。電圧サンプル300は、測定中の信号の帯域幅よりも大きな速度で得なければならない。

#### 【0018】

衝撃応答ベクトル $\mathbf{h}(i)$ を計算するために、要素 $v_i - v_{i+N-1}$ を有するサンプル群302、304などの電圧サンプル群 $s(i)$ を、衝撃応答推定装置306に入力する。衝撃応答推定装置306は、等式3の被推定チャネル衝撃応答のサンプルと図3の $\mathbf{h}(i)$ を与える。チャネル衝撃応答は、「Joint Angle and Delay Estimatin Using Shift-Invariance Techniques」（IEEE Transactions on Signal Processing; 1998年2月）に説明される方法により推定することができる。

#### 【0019】

好適な実施例においては、複数のアンテナが用いられる場合は、衝撃応答は各アンテナ毎に測定される。このときアンテナ $e$ の衝撃応答を $\mathbf{h}_e(i)$ と示す。たとえば、 $E$ 個のアンテナを用いる場合、各測定に関するすべてのアンテナの衝撃応答は図4に示す行列 $\mathbf{H}(i)$ 内に配列される。

【0020】

【数4】

$$H(i)=[h_1(i) \ h_2(i) \ \Lambda \ h_E(i)]$$

無線周波数信号伝播特性を測定した後、プロセスは、通信システム・カバレッジ・エリア内に次に測定すべき位置があるか否かを判断する。これをブロック206に示す。測定すべき位置がある場合は、プロセスはブロック208に進み、次の位置が選択される。次の位置を選択すると、新たな測定値が得られる。これは、ブロック204に関して上述されたのと同様である。被選択位置は一意的である必要はないことに留意されたい。たとえば、これは、カバレッジ・エリア内の交差点を2回車で移動したり歩く場合などである。同じ被選択位置について2つ以上の衝撃応答ベクトルを格納することができるが、1つの署名領域内でいくつかの異なる位置を選択すべきである。

【0021】

ブロック206の判断により、すべての位置が測定されると、プロセスは次に複数の署名領域を定義する。このとき各署名領域には、複数の被選択位置が含まれる。これをブロック210に示す。好適な実施例においては、被選択署名領域は互いに隣接しており、形状および寸法が幾何学的に類似するので、領域は、通信システム・カバレッジ・エリア上におかれたタイルの格子状に見える。一例として、図1の署名領域44には複数の被選択位置42が含まれ、ここからRF信号伝播特性が測定される。

【0022】

代替の実施例においては、署名領域44は、1つの位置の測定値を他の位置の測定値と比較するか、あるいはある測定値群を他の測定値群と比較することにより決定されるチャネル衝撃応答に見られる位置相関に基づいて選択される。署名領域の定義においてこのような分析を実行することによって、不定形の署名領域を形成することができ、これらの署名領域は領域からの無線周波数伝播特性をよ

り正確に表し、それにより位置推定がさらに正確に行われる。

#### 【0023】

署名領域が定義されると、プロセスは第1署名領域を選択する。これをブロック212に示す。被選択署名領域に関して、測定されるRF信号伝播特性の各々が処理されて、その署名領域に関して空間的に平均化される無線周波数署名が作成される。これをブロック214に示す。この空間的に平均化される無線周波数署名は、被選択署名領域から送信され、基地トランシーバ40などの基地トランシーバにおいて受信される信号の無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す。

#### 【0024】

内示的に測定されるRF信号伝播特性に関して空間的に平均化される無線周波数署名を計算するこのプロセスは、図7を参照するとより完璧に理解頂けよう。

#### 【0025】

図7においては、内示的に測定される無線周波数信号伝播特性から被選択署名領域に関して空間的に平均化される無線周波数署名を計算するプロセスは、ブロック700で開始される。次にブロック702に進み、そこでプロセスは、無線周波数信号伝播特性が測定された被選択署名領域内の第1位置を選択する。

#### 【0026】

次に、プロセスは被選択位置に関する被測定チャネル衝撃応答を呼び出す。これをブロック704に示す。これらのチャネル応答は、好ましくは、これらが収集された位置に関わるベクトルとして表される。2つ以上のアンテナが測定される場合、衝撃応答は行列として呼び出される。この行列では、等式4に示すように各列が1つのアンテナからの衝撃応答を表す。

#### 【0027】

次に、プロセスは、呼び出した衝撃応答をベクトル化し、それに由来するベクトルを行列Fの列として加える。このとき、列はブロック706に示されるように被選択位置に対応する。ベクトル化のプロセスは、基地トランシーバにおいてチャネル衝撃応答を測定するために2つ以上のアンテナが用いられる場合に限って必要であることに留意されたい。L個の測定位置に関して、行列Fは次のように表すことができる：

【0028】

【数5】

$$f(i)=\text{vec}\{H(i)\}$$

$$F=[f(1) \ f(2) \ \Lambda \ f(L)]$$

次に、プロセスは被選択署名領域内の被測定位置に関するすべての被測定衝撃応答が行列F内に加えられたか否かを判断する。これをブロック708に示す。すべての位置からの応答が呼び出されてベクトル化されたのでない場合は、プロセスは次の位置を呼び出す。これをブロック710に示す。そしてブロック704に戻り、次の被測定チャネル衝撃応答を呼び出す。

【0029】

プロセスがブロック708において、すべてのデータが呼び出されて行列Fを形成するために加えられたと判断すると、プロセスはブロック712に進み、基本小区画 (principle subspace) Tが行列Fから抽出される。この基本小区画の抽出は、一般的には、行列Fに直接的に作用する単数値分解の結果またはデータ行列Fから推定されるサンプル共分散行列に作用する固有分解 (eigendecomposition) の結果を分割することにより行われる。分割により、有意項を、ノイズまたは他のアーチファクトにより大きく歪められたより重要性の低い項から切り離す。この分割は、計算された単数値または固有値をその大きさの順に並べて、N個の値の群からP・Nの最大値を選択することで簡単に実行することができる。あるいは、閾値を超える成分を選択してもよい。基本小区画の順位を決定するためのより高度な方法は、たとえばSimon Haykin編「Advances in Spectrum Analysis and Array Processing, Vol. III」(1995年Prentice Hall発行; pp.5-9, pp21-23)などの文献に見られる。

【0030】

ブロック712に示す段階が終了すると、行列Tが被選択署名領域に関して空間的に平均化されるRF署名となる。これにより、内示的に測定される無線周波数

信号伝播特性から被選択署名領域に関する無線周波数署名を作成するプロセスはブロック714で終了する。

#### 【0031】

図7に関して説明されるプロセスは、内示的に測定される無線周波数伝播特性から基本小区画を抽出するプロセスである。内示的に測定される無線周波数伝播特性から基本小区画を抽出するプロセスに関して、他の基本小区画抽出法と共により完全な説明を求めるには、Michaela C. Vanderveenによる論文「Estimation of Parametric Channel Models in Wireless Communication Networks」(1998年5月；スタンフォード大学発行)を参照されたい。

#### 【0032】

基本小区画抽出は、署名領域からRF信号伝播特性の主要な特徴を捉える。このプロセスは、被選択署名領域に関する複数の衝撃応答ベクトル内に内示的に受信および記録される情報を取捨選択し、位置探索にとって重要でない、あるいは重要性の低いと思われる情報を取り除く。

#### 【0033】

主要な特徴を抽出する代替の方法であって、概念的によりわかりやすい方法は、署名領域に関わる被測定衝撃応答を非線形的に平均化して、1つの平均電力遅延プロファイルを得ることである。図10を参照して、被測定衝撃応答は、各遅延における衝撃応答の複素数化されたサンプルの大きさをとることにより、電力遅延プロファイルに変換することができる。グラフ1000は、このような遅延プロファイルの集合をグラフに示したもので、電力をデシベルで、遅延をマイクロ秒で、各測定値の位置を整数の指標として大まかに示す。グラフ1000内のプロファイルの集合は位置軸1002に沿って進み、位置軸1002からのオフセットは被選択署名領域内にある複数の収集測定値を表す。位置軸1002に沿って平均化することにより、平均的特徴を抽出することができ、平均電力遅延プロファイルが得られる。図11を参照して、グラフ1100は図10のデータから抽出されるこのような平均電力遅延プロファイルをグラフに表すものである。平均電力遅延は、測定される各アンテナに関して計算することができる。平均電力遅延プロファイルは、基本小区画と同様に、無線周波数信号伝播特性の平均的なあるいは主要

な特徴を表すために用いることができる。

【0034】

無線周波数信号伝播特性の主要な特徴は、送信機と受信機の位置に関連する傾向がある。基地トランシーバは従来のワイヤレス通信システムにおいては静止しているのが普通であるので、主要な特徴を利用して加入者ユニットの位置を特定することができる。

【0035】

空間的に平均化される無線周波数署名が被選択署名領域に関して作成されると、プロセスは空間的に平均化される無線周波数署名と、被選択署名領域を表す位置との間の関連を記録する。これをブロック216に示す。好ましくは、この記録は空間的に平均化される無線周波数署名の各々を、署名領域44の中央にある位置46（図1参照）などの位置により表される個々の署名領域に関連させるデータベース内に記録を書き込むことで実行される。

【0036】

次にプロセスは、別の空間的に平均化される無線周波数署名をカバレッジ・エリア内の別の署名領域に関して計算する必要があるか否かを判断する。これをブロック218に示す。別の署名領域に関する処理がさらに必要な場合には、プロセスは次の署名領域を選択する。これをブロック220に示す。その後、ブロック214に戻り、次の空間的に平均化される無線周波数署名を計算する。

【0037】

ブロック218において、すべての署名領域が処理されたと判断されると、データベース情報のプロセスは終了する。これをブロック222に示す。データベースには、各署名領域に関する空間的に平均化される無線周波数署名が含まれる。空間的に平均化される無線周波数署名には、署名領域内の複数の被選択位置の測定値から重要性の低い情報を数学的に取捨選択することにより決定される、署名領域から送信される信号の主要な無線周波数伝播特性を表す情報が含まれる。これで、データベースを加入者ユニット位置を推定するために用いる準備が整った。位置の推定について、以下に詳細に説明する。

【0038】



図4を参照して、本発明の方法およびシステムによる、ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内の送信機に関して時間的に平均化される無線周波数署名を測定するための方法および動作を説明する高レベル論理流れ図が示される。ここでは、時間的に平均化される無線周波数署名を空間的に平均化される無線周波数署名と比較し、その比較に応じて性能指数 (figure of merit) を作成する。性能指数の集合を利用して、どの署名領域から送信機が送信する可能性が高いかを決定することにより、送信機の位置を推定することができる。

#### 【0039】

図示される如く、プロセスはブロック400で始まる。次にブロック402に進み、加入者ユニットの位置推定の要求を受信する。

#### 【0040】

要求を受信すると、プロセスはシステムが位置を推定しようとする加入者ユニットの送信機からの信号の無線周波数信号伝播特性を測定する。これをブロック404に示す。被測定無線周波数信号伝播特性には、多重経路成分の数、各多重経路成分内の平均電力、到達方位角および仰角と波面の偏光によるアンテナの利得および位相、波面のドップラ周波数および波面の相対的時間遅延が含まれる。これらの特性は、被受信信号をパラメータ分解することで明示的に測定することができる。しかし、好適な実施例においては、無線周波数信号伝播特性は、位置を特定すべき加入者と基地トランシーバとの間の特定のチャネルのチャネル衝撃応答をサンプリングおよび記録することにより、内示的に測定される。

#### 【0041】

位置を特定すべき加入者ユニットからの信号の無線周波数信号伝播特性の測定は、図2のブロック204に示す、空間的に平均化される無線周波数署名データベースの形成中の、被選択位置における送信機からの信号の無線周波数信号伝播特性の測定ときわめて似ている。

#### 【0042】

無線周波数信号伝播特性が測定されると、プロセスは更なる測定が必要であるか否かを判断する。これをブロック406に示す。好ましくは、RF信号伝播特性の測定値をいくつか周期的に得ると、位置を特定すべき加入者ユニットの時間的

に平均化される無線周波数署名を計算することができる。RF信号伝播特性を瞬間的に1回測定するだけでも状況によっては充分であるが、1つのサンプル推定装置だけでは信号伝播の根底にある無作為なプロセスのために大きな変動を起こしやすい。複数の測定値からRF信号伝播特性を推定することは、統計的原則を利用して、無作為性を軽減し、RF信号伝播特性の平均的構造すなわち主要な特徴を引き出す。

#### 【0043】

さらに測定が必要な場合は、プロセスはブロック408に示すように遅延し、ブロック404に戻る。ここで、無線周波数信号伝播特性が再び測定される。得られる測定値数は、所定の一定の間隔の間にとることのできる周期的な測定値数により決まる。

#### 【0044】

ブロック406において、プロセスが十分な数の測定値が得られたと判断すると、プロセスはブロック410に進む。そこで、被測定無線周波数信号伝播特性が処理されて、位置を特定すべき加入者ユニットからの信号に関する時間的に平均化される無線周波数署名を作成する。この時間的に平均化される無線周波数署名は、無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表す。時間的に平均化される無線周波数署名を計算するプロセスは、図5を参照するとより完璧に理解頂けよう。

#### 【0045】

図5において、内示的に測定される無線周波数信号伝播特性から時間的に平均化される無線周波数署名を計算するプロセスは、ブロック500で始まり、ブロック502に進む。ここで、プロセスは位置を特定すべき加入者ユニットからの信号に関して、無線周波数信号伝播特性が測定された第1時刻を選択する。

#### 【0046】

次に、プロセスは、選択された時刻に関して被測定チャネル衝撃応答を呼び出す。これをブロック504に示す。このチャネル衝撃応答は、好ましくは、収集された時刻に関するベクトルとして表される。2つ以上のアンテナが測定される場合、応答は行列として呼び出され、行列の各列が式4の場合と同様に、1つのアンテナからの衝撃応答を表す。

【0047】

次にプロセスは呼び出した衝撃応答をベクトル化し、それに由来するベクトルを行列G内の列として加える。この列は、ブロック506に示すように被選択時刻に対応する。ベクトル化のプロセスは、基地トランシーバにおいてチャネル衝撃応答を測定するために2つ以上のアンテナが用いられる場合に限り必要であることに留意されたい。L回の測定に関して、行列Gを以下のように表すことができる：

【0048】

【数6】

$$g(i)=\text{vec}\{H(i)\}$$

$$G=[g(1) \ g(2) \ \Lambda \ g(L)]$$

次に、プロセスは、すべての被測定時刻に関して測定された衝撃応答がすべて行列Gに加えられたか否かを判断する。これをブロック508に示す。すべての時刻が呼び出され、ベクトル化され、Gに加えられたのでない場合は、プロセスは次の時刻を選択する。これをブロック510に示す。そしてブロック504に戻り、次の被測定チャネル衝撃応答を呼び出す。

【0049】

ブロック508において、プロセスが、すべてのデータが呼び出されて行列Gを形成するために加えられたと判断すると、プロセスはブロック512に進み、そこで基本小区画Sが行列Gから抽出される。この小区画抽出は、一般的に、行列Gに直接働きかける単数値分解か、またはデータ行列Gから推定されるサンプル共分散行列に働きかける固有分解のいずれかによる結果を分割することによって行われる。この分割により、有意項を、ノイズまたは他のアーチファクトにより大きく歪められた重要性の低い項から分割する。この分割は、計算された単数値または固有値をその大きさの順に並べ、N個の値の群からP・Nの最大値を選択することにより行うことができる。あるいは、閾値を超える成分を選択する。

基本小区画の順位を決定するためのより高度な方法は、たとえばSimon Haykin編「Advances in Spectrum Analysis and Array Processing, Vol. III」(1995年Prentice Hall発行; pp.5-9, pp21-23)などの文献に見られる。

#### 【0050】

ブロック512に示される段階が終了すると、行列Sは位置を特定すべき加入者ユニットからの信号に関する時間的に平均化されるRF署名となる。これにより、内示的に測定される無線周波数信号伝播特性から時間的に平均化される無線周波数署名を作成するプロセスはブロック514で終了する。

#### 【0051】

図5に関連して説明されるプロセスは、内示的に測定される無線周波数伝播特性から基本小区画を抽出するプロセスである。内示的に測定される無線周波数伝播特性から基本小区画を抽出するプロセスに関して、他の基本小区画抽出法と共に完全な説明を求めるには、Michaela C. Vanderveenによる論文「Estimation of Parametric Channel Models in Wireless Communication Networks」(1998年5月; スタンフォード大学発行)を参照されたい。

#### 【0052】

基本小区画抽出は、署名領域からRF信号伝播特性の主要な特徴を捉える。このプロセスは、被選択署名領域に関する複数の衝撃応答ベクトル内に内示的に受信および記録される情報を取捨選択し、位置探索にとって重要でない、あるいは重要性の低いと思われる情報を取り除く。

#### 【0053】

主要な特徴を抽出する代替の方法であって、概念的によりわかりやすい方法は、署名領域に関わる被測定衝撃応答を非線形的に平均化して、1つの平均電力遅延プロファイルを得ることである。図8を参照して、被測定衝撃応答は、各遅延における衝撃応答の複素数化されたサンプルの大きさをとることにより、電力遅延プロファイルに変換することができる。グラフ800は、このような遅延プロファイルの集合をグラフに示したもので、電力をデシベルで、遅延をマイクロ秒で、各電力遅延プロファイルが測定される測定時刻をミリ秒で表す。グラフ800内のプロファイルの集合は時間軸802に沿って進み、時間軸802は、一定の時間内に

収集される複数の測定値を表す。時間軸802に沿って平均化することにより、平均的特徴を抽出することができ、平均電力遅延プロファイルが得られる。図9を参照して、グラフ900は図8のデータから抽出されるこのような平均電力遅延プロファイルをグラフに表すものである。平均電力遅延は、測定される各アンテナに関して計算することができる。平均電力遅延は、基本小区画と同様に、無線周波数信号伝播特性の平均的なあるいは主要な特徴を表すために用いることができる。

#### 【0054】

無線周波数信号伝播特性の主要な特徴は、送信機と受信機の位置に関連する傾向がある。基地トランシーバは従来のワイヤレス通信システムにおいては静止しているのが普通であるので、主要な特徴を利用して加入者ユニットの位置を特定することができる。

#### 【0055】

再び図4を参照して、時間的平均無線周波数署名がブロック410で計算された後、プロセスは、被選択署名領域の無線周波数信号伝播特性の主要な特徴を表すデータを有する署名データベースから、データ記録を選択する。これをブロック412に示す。

#### 【0056】

次に、プロセスは、位置を特定すべき加入者ユニットからの信号に関する時間的に平均化される無線周波数署名を、空間的に平均化される無線周波数署名を含む署名データベースから選択されるデータ記録と比較して、性能指数を作成する。これをブロック414に示す。無線周波数署名が内示的測定から導かれる好適な実施例においては、性能指数を計算するプロセスは、位置を特定すべき加入者ユニットからの時間的に平均化される無線周波数署名と、データベース内の被選択データ記録からの空間的に平均化される無線周波数署名とにより表される基本小区画間の距離を計算することにより行われる。この距離計算は、1つの署名の他の署名に対する射影のノルム (norm of projection) を計算することにより行われる。この比較は、より重要な情報に重きを置く重み付け比較である。

#### 【0057】

あるいは、明示的に測定される無線周波数信号伝播特性に関しては、署名は等式2に示すような明示的な伝播モデルのパラメータを表す超次元ベクトルであり、その比較を表す性能指数は、内示的測定に関して上記に示した方法と同様に、これらの超時限的ベクトルの空間的平均化ベクトルと時間的平均化ベクトルとの間の距離とすることができる。他の場合同様、この場合も、平均化には従来の線形平均化、非線形平均化または基本小区画の抽出による小区画に基づく平均化が含まれることに注目されたい。

#### 【0058】

次に、プロセスは、空間的に平均化される無線周波数署名データベースから選択されるデータ記録に関わる性能指数を格納する。これをブロック416に示す。その後、プロセスは、比較すべきデータ記録がさらにあるか否かを判断する。これをブロック418に示す。比較すべきデータ記録がさらにある場合、プロセスはブロック420に示すように次のデータ記録を選択し、ブロック414に戻って2つの無線周波数署名を比較する。

#### 【0059】

すべてのデータ記録が比較されたとプロセスが判断すると、プロセスはブロック422に進み、関連の性能指数に基づいてデータ記録に順位を付けて位置推定値を探索する。位置推定値が発見されると、プロセスは位置推定値に対応する署名領域の座標を出力する。これをブロック424に示す。この出力は、位置46の座標など、署名領域に関わる位置の座標である。これでプロセスはブロック426で終了する。

#### 【0060】

次に図6を参照して、本発明の方法およびシステムにより、ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリア内で署名領域に関する無線周波数署名を作成し、さらにカバレッジ・エリア内で位置を特定すべき加入者ユニットに関する時間的に平均化される無線周波数署名を測定するために用いられるシステムを図示する。図示される如く、複数の波面600、602がアンテナ604～606により受信される。波面600～602は、多重経路歪みを受けた1つの発信源からの信号を表す。言い換えると、両波面600、602は、異なる伝播経路を通り同じ

送信機から来たものである。

#### 【0061】

典型的な実施例においては、アンテナ606～604は、通常のセルラ・タワーの頂部の3つのセクタの各々に2つのダイバーシチ受信アンテナを組み込む。アンテナ606～604は、受信機および下方変換器608に結合され、これがスペクトルを無線周波数から複素数化されたベースバンドに変換する。

#### 【0062】

受信機および下方変換器608は、複素数化ベースバンド信号をデジタル値のストリームに変換するアナログーデジタル変換器610の入力に結合される。アナログーデジタル変換器610により出力されるデジタル値のストリームは、チャンネル推定装置612の入力に結合される。チャンネル推定装置612は、波面600～602の無線周波数信号伝播特性を推定する。これらの無線周波数信号伝播特性には、多重経路成分の数、各多重経路成分の平均電力、波面の到達方位角および仰角と偏光によるアンテナの利得および位相、波面のドップラ周波数および波面の相対的時間遅延が含まれる。前述の如く、これらの特性は、被受信信号をパラメータ分解することにより明示的に、あるいはチャンネル衝撃応答を推定、サンプリングおよび記録することにより内示的に測定される。

#### 【0063】

チャンネル推定装置612の出力は、無線周波数伝播特性が内示的に表現されようと、これらの特性が明示的に測定されようと、格納装置614に格納される。この格納装置には、ハード・ディスク、テープ、ランダム・アクセス・メモリ、CD ROMなどの一般的な周知のデータ格納装置が組み込まれることがある。

#### 【0064】

プロセッサ616が格納装置614に結合されて、データの呼出と処理を行い、この処理の結果を格納する。プロセッサ616には、汎用マイクロプロセッサ、特注の用途特定集積回路またはデジタル信号プロセッサなどが組み込まれる。プロセッサ616内には、ハードウェアおよびソフトウェアの種々の組み合わせが組み込まれる他の機能ブロックがある。チャンネル推定装置612もプロセッサ616に組み込まれることがあることに注目されたい。

## 【0065】

空間的に平均化される無線周波数署名データベースを構築するシステムに関して、プロセッサ616は格納装置614に格納されるデータを呼び出す領域セクタ618を備える。ここでは、データは、特定の署名領域の被測定無線周波数信号伝播特性を表す。領域セクタ618は、このデータを署名領域プロセッサ620に送る。署名領域プロセッサ620は、選択された署名領域に関して空間的に平均化される無線周波数署名を計算し、この署名をデータベース622に格納し、ここで署名は特定の署名領域に関連付けられる。空間的に平均化される無線周波数署名は図2および図7に関して説明されるように計算される。

## 【0066】

プロセッサ616がある加入者ユニットの位置を推定する要求を受信すると、加入者署名プロセッサ624がチャネル推定装置612により作成されるデータ測定値を格納装置614から呼び出す。これらの測定値は、複数回に亘り測定された、位置を特定すべき加入者ユニットからの信号の無線周波数署名伝播特性を表す。加入者署名プロセッサ624は、図4および図5に関して説明したように、時間的に平均化される無線周波数署名を計算する。

## 【0067】

時間的に平均化される無線周波数署名を空間的に平均化される無線周波数署名と比較するプロセスは、署名領域サーチャ626が被選択署名領域に関して、データベース622から空間的に平均化される無線周波数署名を呼び出すことで開始される。署名領域サーチャ626の出力は、署名比較器628の入力の1つに結合され、署名比較器628の別の入力加入者署名プロセッサ624の出力に結合される。署名比較器628は、位置を特定すべき加入者ユニットからの信号の時間的に平均化される無線周波数署名と被選択署名領域の空間的に平均化される無線周波数署名とを比較して、比較結果として性能指数を作成する。署名比較器628は、格納装置614に結合され、署名領域サーチャ626により呼び出される各署名領域に関連する性能指数を一時的に格納する。署名比較器628は、また、性能指数と対応する署名領域とをピークを保持した状態で格納するので、より高い性能指数が作成されると、その性能指数は署名領域座標と共に、前の



値と置き換わる。署名比較器628は、署名領域で表される加入者ユニットの被推定位置を最良の性能指数でフォーマットする出力機能部630に結合される。この出力は、位置46などの署名領域の位置座標の形式で、あるいは加入者ユニットの位置を示す地図を表示することにより行われる。

#### 【0068】

上記の実施例は、移動加入者ユニットが送信機であり、基地トランシーバが受信機であるアップリンク動作モードに関して言及されていることに留意されたい。実際には、ダウンリンク動作も含めて受信機と送信機の別の組み合わせも可能である。ダウンリンク動作は、加入者ユニットにおける無線周波数信号伝播特性を測定し、加入者ユニット内の関連する無線周波数署名を計算するか、あるいは、特性を基地トランシーバに送付して無線周波数署名に処理することによって実行される。アップリンク方法と同様に、これは基地トランシーバにおける複数のアンテナに関して実行することができる。

#### 【0069】

本発明の好適な実施例の上記説明は、実証と説明とのために提示されたものである。排他的であったり、本発明を開示される特定の形式に制限する意図はない。上記の教義に照らして明らかな変更または変形が可能である。実施例は、本発明の原理とその実際の用途を最良な形態で説明するために、また当業者が意図する特定の用途に適合するよう、種々の実施例においてまた種々の変更を加えて本発明を利用することができるように選択され、説明されたものである。これらすべての変更および変形は、公正に合法的にまた平等に権利を与えられる範囲により解釈される添付の請求項の決定する範囲にある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 ワイヤレス通信システム・カバレッジ・エリアの都市の谷間地域における多重経路信号伝播を示す。

【図2】 本発明の方法およびシステムにより、ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリアにおいて署名領域に関する空間的に平均化される無線周波数署名を作成する方法および動作を示す高レベル論理流れ図である。

【図3】 本発明の方法およびシステムにより、無線周波数署名を表すデー

データベース記録を作成するために用いられるチャネル衝撃応答測定値の形式で無線周波数伝播特性の内示的測定値を生成するための生測定データの処理を示す。

【図4】 本発明の方法およびシステムにより、ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリアにおいて加入者ユニットの時間的に平均化される無線周波数署名を測定するための方法および動作を示す高レベル論理流れ図である。

【図5】 図4に示す時間的（\*1）に平均化される無線周波数署名を作成するプロセスの、より詳細な論理流れ図である。

【図6】 本発明の方法およびシステムにより、ワイヤレス通信システムのカバレッジ・エリアにおいて署名領域に関する無線周波数署名を作成するために用いられ、さらに位置特定事象の間にカバレッジ・エリア内で位置を特定すべき加入者ユニットの無線周波数署名を測定するシステムを示す。

【図7】 図2に示す空間的に平均化される無線周波数署名を作成するプロセスのより詳細な論理流れ図である。

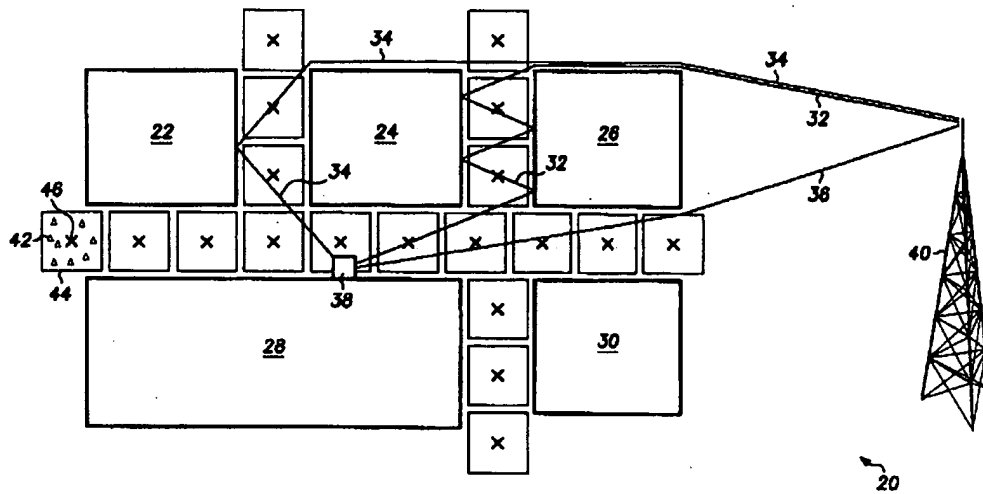
【図8】 本発明の方法およびシステムにより利用される、展開中の電力遅延プロファイルのグラフである。

【図9】 図8のデータの非線形的平均化のグラフである。

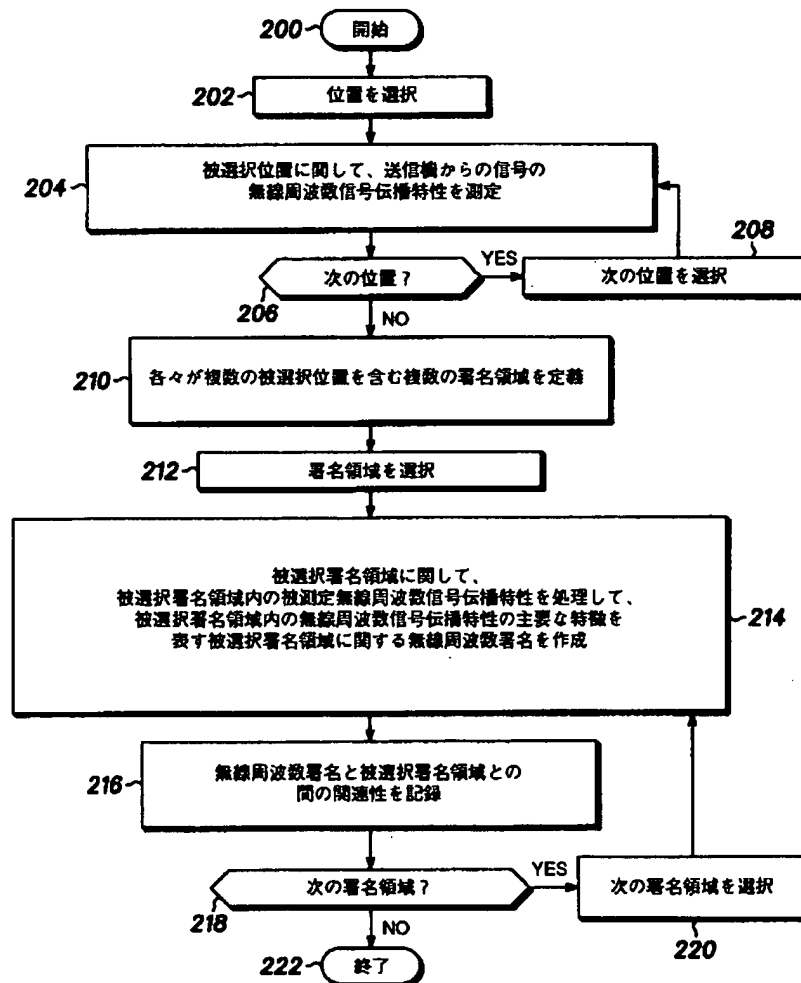
【図10】 署名領域内の複数の位置から収集される電力遅延プロファイルのグラフである。

【図11】 図10のデータの非線形的平均化のグラフである。

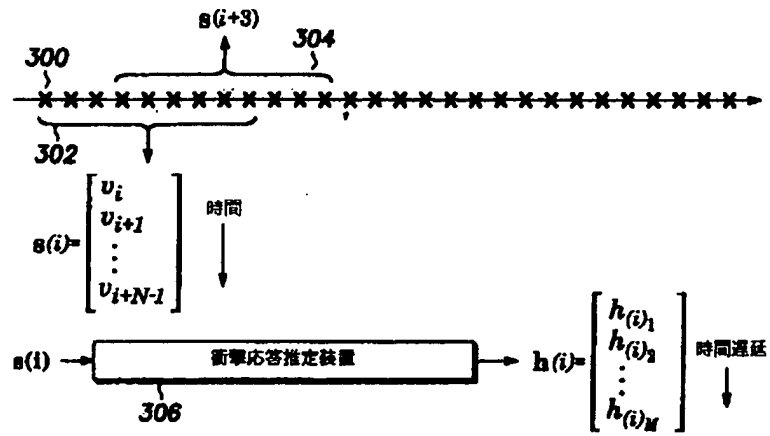
【図1】



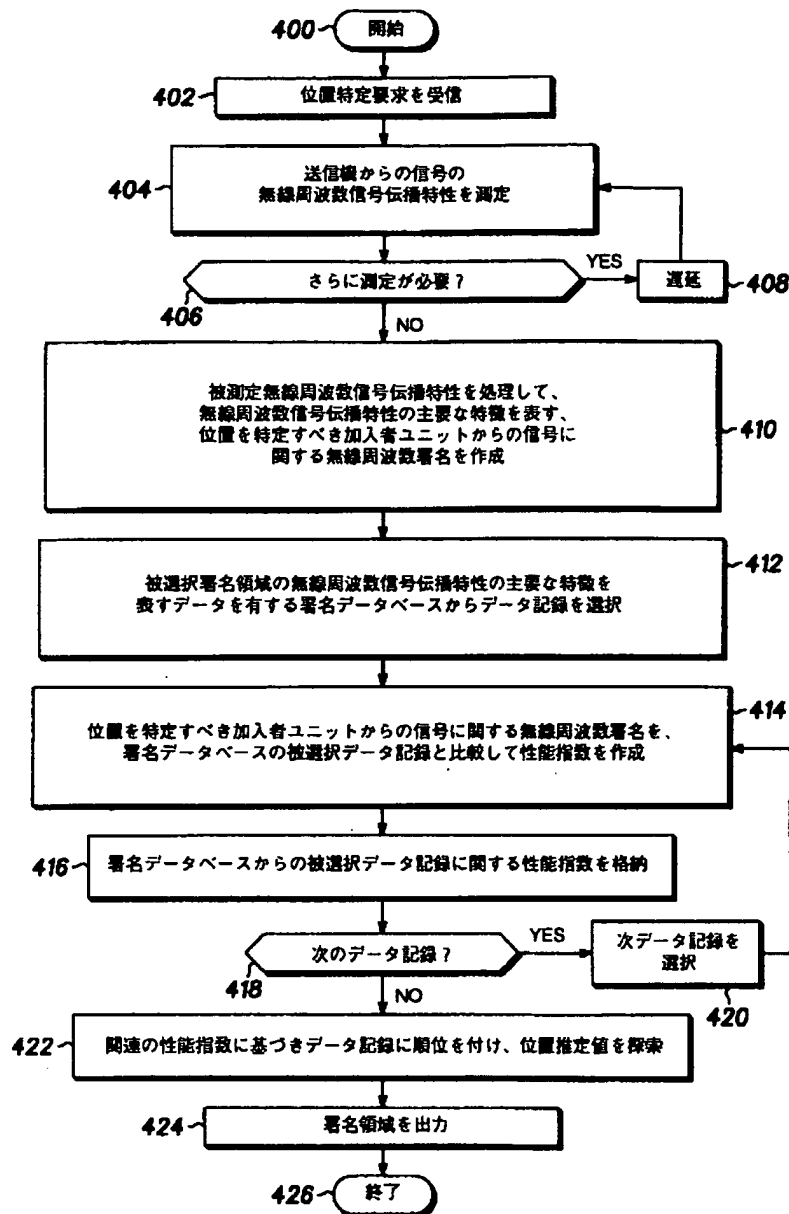
【図2】



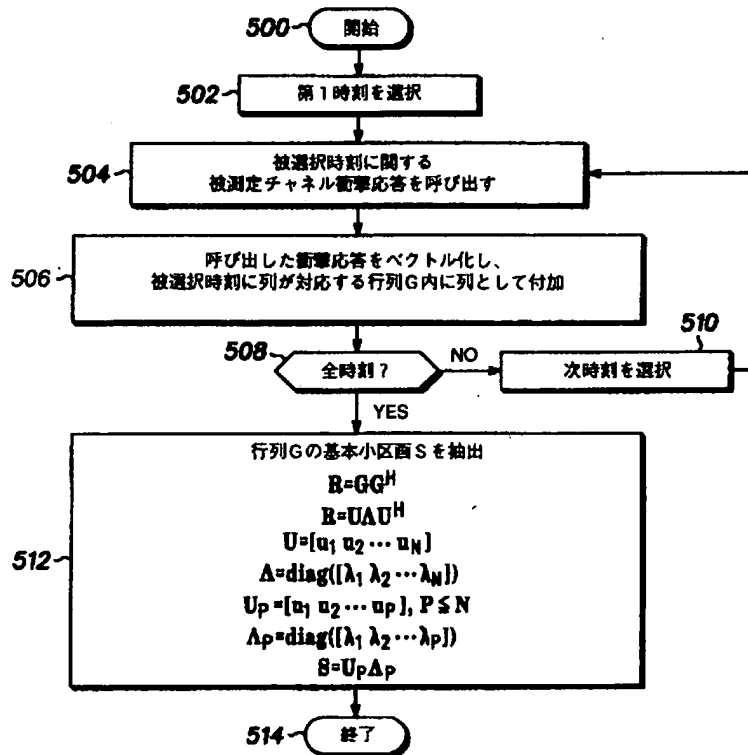
【図3】



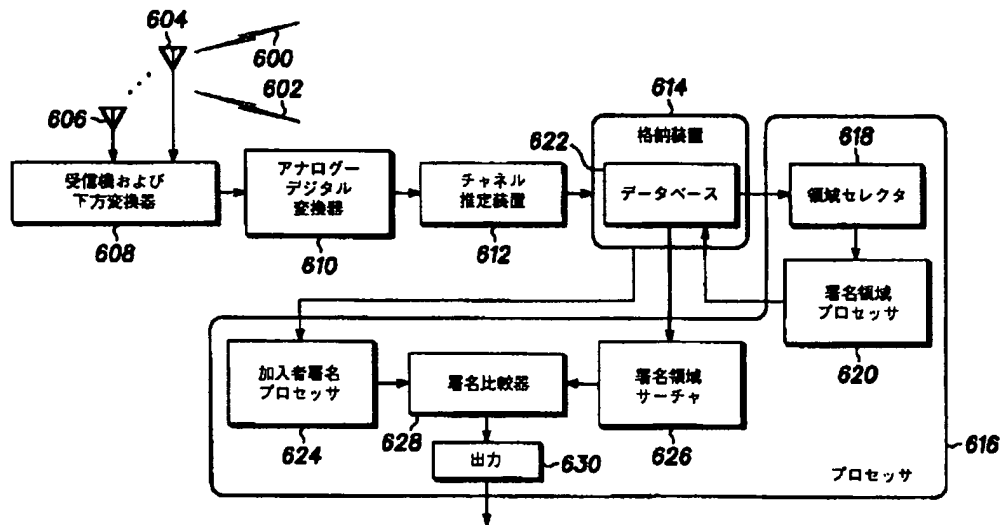
【図4】



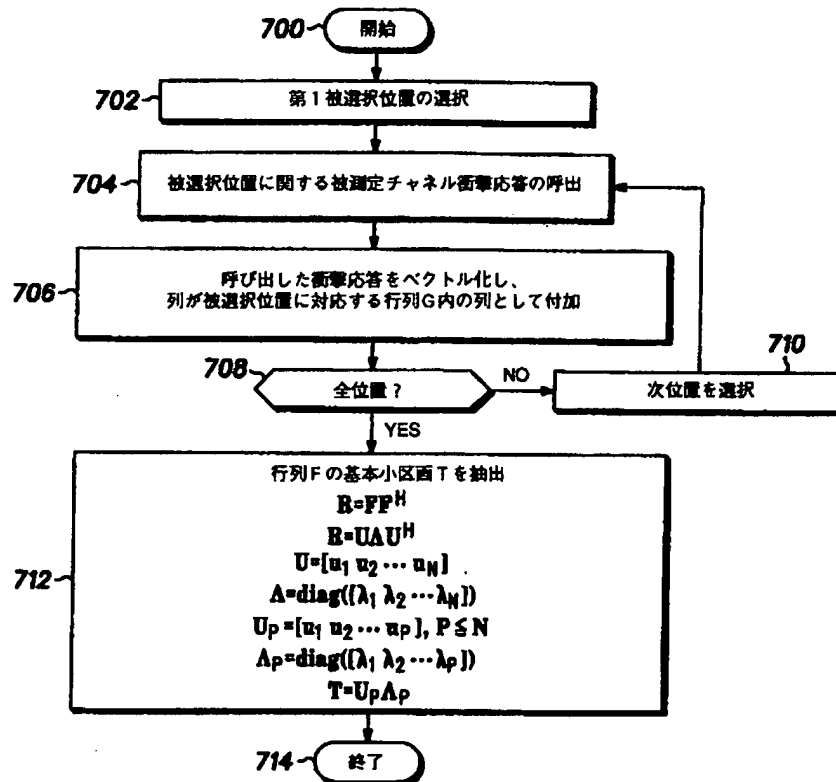
【図5】



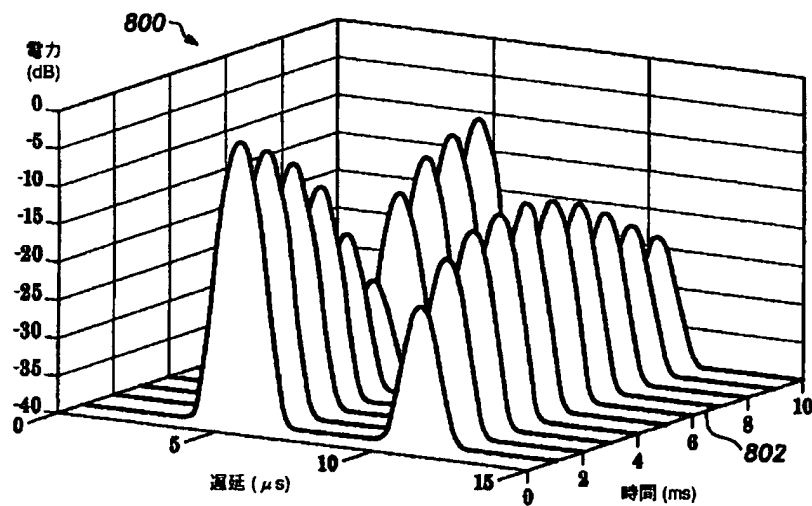
【図6】



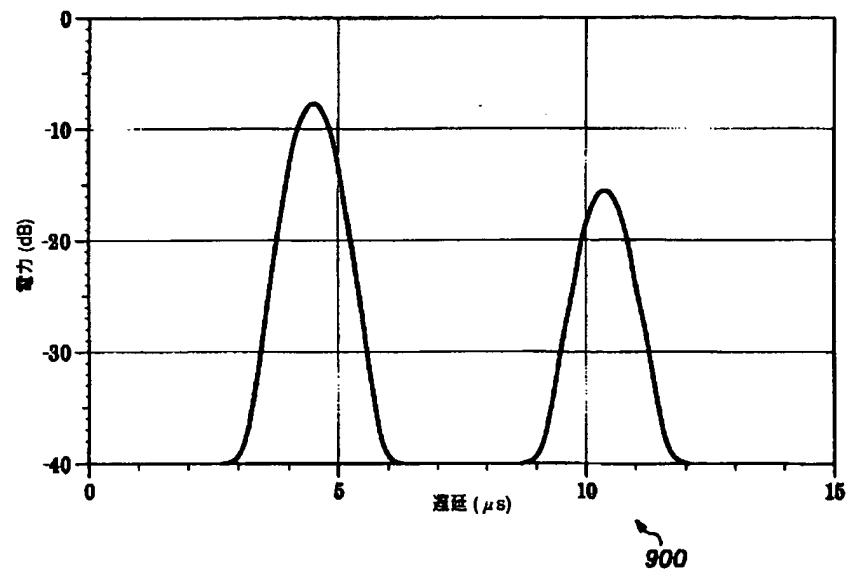
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

